1 Химия. Способы выражения концентраций.

1.1 Необходимые понятия.

Молярная масса M – это масса одного моль вещества.

$$M = \frac{m_{\text{в-ва}}}{n_{\text{в-ва}}} \quad \left(\frac{\text{г}}{\text{моль}}\right)$$

где $m_{\text{в-ва}}$ - масса вещества, *г*. $n_{\text{в-ва}}$ - количество вещества, *моль*.

Молярная масса рассчитывается по таблице Менделеева.

Фактор эквивалентности $f_{\text{экв}}$ - число, показывающее какая доля частицы этого вещества равноценна:

• одному иону водорода в реакциях обмена:

$$f_{\text{экв}}^{\text{кислоты}} = \frac{1}{\text{основность}[H^+]}$$

где (основность$[H^+]$) - число атомов водорода, содержащихся в молекуле кислоты, способных замещаться на металл.

$$f_{\text{экв}}^{\text{основания}} = \frac{1}{\text{кислотность}[OH^-]}$$

где (кислотность$[OH^-]$) - число гидроксильных групп в молекуле основания, способных заместиться на кислотный остаток.

• одному электрону в окислительно-восстановительных реакциях:

$$f_{\text{экв}}^{\text{овр}} = \frac{1}{n_{\bar{e}}}$$

где $n_{\bar{e}}$ - число электронов, идущих на окисление (восстановление).

Молярная масса эквивалента вещества $M_{\text{экв}}$– определяется как произведение молярной массы вещества на фактор эквивалентности:

$$M_{\text{экв}} = M_{\text{в-ва}} \cdot f_{\text{экв}} \quad \left(\frac{\text{г-экв}}{\text{моль}}\right)$$

где $f_{\text{экв}}$ - фактор эквивалентности вещества. $M_{\text{в-ва}}$ - молярная масса вещества, *г/моль*.

1.2 Основные концентрации химии.

Массовая доля (процентная концентрация) ω - это отношение массы растворённого вещества к общей массе раствора:

$$\omega = \frac{m_{\text{в-ва}}}{m_{\text{р-ра}}} \ (\text{доли}); \quad \omega = \frac{m_{\text{в-ва}}}{m_{\text{р-ра}}} \cdot 100\% \ (\%)$$

где $m_{\text{в-ва}}$ - масса вещества, *г*. $m_{\text{р-ра}}$ - масса раствора, *г*.

Молярная концентрация (молярность) C - показывает число молей растворённого вещества, содержащееся в одном литре раствора:

$$C = \frac{n_{\text{в-ва}}}{V_{\text{р-ра}}} = \frac{m_{\text{в-ва}}}{M_{\text{в-ва}} \cdot V_{\text{р-ра}}} \quad \left(\frac{\text{моль}}{\text{л}}\right)$$

где $n_{\text{в-ва}}$ - количество вещества, *моль*. $V_{\text{р-ра}}$ - объём раствора, *л*. $M_{\text{в-ва}}$ - молярная масса вещества, *г/моль*.

Молярная концентрация эквивалента (нормальность) $C_{\text{Н}}$ - это количество эквивалентов данного вещества в 1 литре смеси:

$$C_{\text{Н}} = \frac{n_{\text{в-ва}}}{f_{\text{экв}} \cdot V_{\text{р-ра}}} = \frac{m_{\text{в-ва}}}{M_{\text{в-ва}} \cdot f_{\text{экв}} \cdot V_{\text{р-ра}}} \quad \left(\frac{\text{моль-экв}}{\text{л}}\right)$$

где $f_{\text{экв}}$ - фактор эквивалентности.

Титр Массовая концентрация T - отношение массы растворённого вещества к объёму раствора (измеряется в ***г/мл***):

$$T = \frac{m_{\text{в-ва}}}{V_{\text{р-ра}}} \quad \left(\frac{\textbf{г}}{\textbf{мл}}\right)$$

где $V_{\text{р-ра}}$ - объём раствора, ***мл***.

1.3 Дополнительные виды концентраций в химии.

Объёмная доля ϕ определяется отношением объёма растворённого вещества к объёму всего раствора:

$$\phi = \frac{V_{\text{в-ва}}}{V_{\text{р-ра}}} = \frac{V_{\text{в-ва}}}{\sum V_i} \ \ (\text{доли}); \quad \phi = \frac{V_{\text{в-ва}}}{V_{\text{р-ра}}} \cdot 100\% \ \ (\%)$$

где $V_{\text{в-ва}}$ - объём растворённого вещества, *л* . $V_{\text{р-ра}} = \sum V_i$ - объём раствора, сумма компонентов, *л*.

Молярная (мольная) доля растворённого вещества X - это отношение количества растворённого вещества к общему количеству вещества в растворе:

$$X = \frac{n_{\text{в-ва}}}{n_{\text{р-ра}}} = \frac{n_{\text{в-ва}}}{\sum n_i} \ \ (\text{доли}); \quad X = \frac{n_{\text{в-ва}}}{n_{\text{р-ра}}} \cdot 100\% \ \ (\%)$$

где $n_{\text{в-ва}}$ - количество растворённого вещества, *моль*. $n_{\text{р-ра}} = \sum n_i$ - общее количество вещества в растворе, *моль*.

Моляльная концентрация (моляльность, молярная весовая концентрация) b - количество растворённого вещества на ***1 кг*** растворителя:

$$b = \frac{n_{\text{в-ва}}}{m_{\text{растворителя}}} \ \ \left(\frac{\textbf{моль}}{\textbf{кг}}\right)$$

где $m_{\text{растворителя}}$ - масса растворителя, ***кг***.

1.4 Вывод формул для перехода из одной концентрации в другую.

Для вывода формул понадобится плотность ρ, то есть отношение массы и объёма:

$$\rho_x = \frac{m_x}{V_x} \quad \left(\frac{\text{г}}{\text{л}}\right)$$

Зависимость массовой доли ω и молярности C:

$$\omega = \frac{m_{\text{в-ва}}}{m_{\text{р-ра}}} = \frac{n_{\text{в-ва}} \cdot M_{\text{в-ва}}}{\rho_{\text{р-ра}} \cdot V_{\text{р-ра}}} = \frac{C \cdot M_{\text{в-ва}}}{\rho_{\text{р-ра}}} \Rightarrow C = \frac{\omega \cdot \rho_{\text{р-ра}}}{M_{\text{в-ва}}}$$

Зависимость массовой доли ω, молярности C и нормальности $C_{\text{Н}}$:

$$C = C_{\text{Н}} \cdot f_{\text{экв}} \Rightarrow C_{\text{Н}} = \frac{C}{f_{\text{экв}}} = \frac{\omega \cdot \rho_{\text{р-ра}}}{M_{\text{в-ва}} \cdot f_{\text{экв}}} \Rightarrow \omega = \frac{C_{\text{Н}} \cdot M_{\text{в-ва}} \cdot f_{\text{экв}}}{\rho_{\text{р-ра}}}$$

Зависимость массовой доли ω от титра T:

$$\omega = \frac{m_{\text{в-ва}}}{m_{\text{р-ра}}} = \frac{m_{\text{в-ва}} \cdot 1000}{\rho_{\text{р-ра}} \cdot V_{\text{р-ра}\ (\textit{л})} \cdot 1000} = \frac{T_{(\textit{г/мл})} \cdot 1000}{\rho_{\text{р-ра}}} \Rightarrow T = \frac{\omega \cdot \rho_{\text{р-ра}}}{1000}$$

И так далее, подставляя полученные формулы друг в друга, можно получить все формулы для выражения основных концентраций, через известную концентрацию. Полученные формулы объединил в таблицу (см. следующую страницу).

1.5 Сводка формул для выражения концентраций.

Таблица формул для пересчёта концентрации раствора.

	Массовая доля	Молярность	Нормальность	Титр
	ω, *доли*	C, *моль/л*	$C_{\text{Н}}$, *моль-экв/л*	T, *г/мл*
ω	$\omega = \frac{m}{m_{\text{р-ра}}}$	$\omega = \frac{C \cdot M}{\rho}$	$\omega = \frac{C_{\text{Н}} \cdot M \cdot f}{\rho}$	$\omega = \frac{T \cdot 1000}{\rho}$
C	$C = \frac{\omega \cdot \rho}{M}$	$C = \frac{n_{\text{в}}}{V_{\text{р}}}$	$C = C_{\text{Н}} \cdot f$	$C = \frac{T \cdot 1000}{M}$
$C_{\text{Н}}$	$C_{\text{Н}} = \frac{\omega \cdot \rho}{M \cdot f}$	$C_{\text{Н}} = \frac{C}{f}$	$C_{\text{Н}} = \frac{n_{\text{в}}}{f \cdot V_{\text{р}}}$	$C_{\text{Н}} = \frac{T \cdot 1000}{f \cdot M}$
T	$T = \frac{\omega \cdot \rho}{1000}$	$T = \frac{C \cdot M}{1000}$	$T = \frac{C_{\text{Н}} \cdot f \cdot M}{1000}$	$T = \frac{m}{V_{\text{р}} \cdot 1000}$

Примечание:

$\omega = \frac{\omega\%}{100\%}$

m - масса вещества, ***грамм***.

$m_{\text{р-ра}}$ - масса раствора, ***грамм***.

M - молярная масса вещества, ***грамм/моль***.

ρ - плотность раствора, ***грамм/литр***.

ρ *(г/л)* $= 1000 \cdot \rho$ *(г/мл)*

f - фактор эквивалентности вещества.

$n_{\text{в}}$ -количество вещества, ***моль***.

$V_{\text{р}}$ - объём раствора, ***литр***.